

CNC GÉP SZERSZÁMPARAMÉTER KEZELÉSI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA

Komondi Márk^a, Andó Mátyás^{b*}

^a ELTE, Informatikai Kar, Savaria Műszaki Intézet, Duális gépészmérnöki BSc, 4. évf.

^b ELTE, Informatikai Kar, Savaria Műszaki Intézet, egyetemi docens

ABSZTRAKT

A szerszámkezelési rendszer vizsgálata során az adatbázis alapú szerszámkezeléssel foglalkoztunk, azon belül meghatároztuk a lehetséges szerszámfelügyeleti módszereket. A szerszámkorrekciók esetén egy fejlettségi sorrendet állítottunk fel, majd elemeztük azokat. Megállapítottuk, hogy az automatikus munkadarab bemérés alapján végzett szerszámkorrekció a leghatékonyabb módszer a selejt gyártás elkerüléséhez a relatívan rövid mérési idő miatt. Ráadásul a felügyelet nélküli megmunkálás is megvalósítható, ha a testvérszerszám-stratégiát is alkalmazzuk. Ebben az esetben az is előny, hogy a lapka élettartamát maximálisan kihasználhatjuk, akár egyedi gyártás esetén is. A megmunkálási folyamatok optimalizálásához használt virtuális környezetben is megismételtük a szerszámgépeken gyakorlatban elvégzett teszteket, azonosítva a különbségeket (munkadarab számlálás).

Kulcsszavak: CNC, kopás, szerszámfelügyelet, testvérszerszám-stratégia, CPS, virtuális környezet

1. Bevezetés

Az első CNC szerszámgépek megjelenése az 1970-es évek közepére tehető, megjelenésük lehetővé tette a rugalmas gyártórendszerek létrehozásának lehetőségét, amely napjainkban elengedhetetlen, ha a vállalat versenyképes szeretne maradni. A rugalmas gyártórendszerek kialakításának lehetősége az informatika fejlődésének köszönhető. A szerszámgépek hálózatba kötésével már megoldható, hogy egy gépen ellenőrizzük a szerszámkészletet, vagy végrehajtsunk egy szerszám bemérést, mindezt távoli vezérlést alkalmazva [1].

A CNC gépeken végzett méréseket többféle módon lehet csoportosítani. Beszélhetünk folyamat közbeni mérésekről, melyet a megmunkálási folyamat közben végez a gép, azonban ez forgácsolás esetén a hűtővíz és az egyéb szennyeződések miatt nem minden esetben ad megfelelő pontosságot (például köszörülésnél átmérő mérés). A forgácsolási folyamatoknál is alkalmazhatunk olyan mérést, mely megszakítja a folyamatot, ilyen például a munkadarab beméréssel végzett szerszámkorrekció, amely egy adott megmunkálóciklus végén kerül elvégzésre. Ezen felül megkülönböztetünk folyamat előtt vagy után végzett méréseket, mely nem a megmunkáló program része, ilyen például a beépített szerszám bemérővel történő szerszám bemérés felszerszámozásnál [2].

A szerszámok használatuk során kopnak, ezért élettartamuk véges. A megfelelő felügyeletük elvégezhető a vezérlő által is, ezáltal egy fontos lépést tehetünk az ember nélküli felügyelettel történő gyártás irányába. A szerszám kopása azonban azt a kérdést is felveti, hogy mikor érdemes azt lecserélni, meddig tudunk gazdaságosan selejt előállítás nélkül gyártani. A megfelelő feltételek teljesülése esetén a vezérlő ezt a feladatot is el tudja látni [3, 4].



1. ábra: Mérőtapintó működés közben

Adatbázis alapú megközelítés miatt, a szerszámtárolóban kezdeményezhetjük a szerszámok szűrését, rendezését valamilyen szempontok szerint (például: szerszámtípusonként rendezés, zárolt szerszámok kiszűrése), valamint kereshetünk a szerszámokra, vagy üres tárhelyekre is, amelyre az új szerszám behelyezhető [4, 5].

Célunk a szerszámok adatbázisának kezelésére fordított idő csökkentése, emellett a szerszámkorrekciós módszerek között egy fejlettségi sorrend felállítása. Megvizsgáltuk, hogy melyik módszer esetén lehetséges a felügyelet nélküli gyártás hatékony megvalósítása. Az emberi beavatkozás nélkül gyártáshoz hozzátartozik a szerszámok felügyelete és a testvérszerszám-stratégia alkalmazása is, ezért ezekkel is foglalkozunk ebben a cikkben.

2. Módszer

A bevezetésben említett módszerek vizsgálatát Akira-Seiki SL25 esztergagépen és Akira-Seiki V2.5XP marógépen végeztük el. Mindkét gép a Sinumerik 828D vezérlőjével van felszerelve, emellett a teszteket a SinuTrain szimulátorban is lefuttattuk. A szerszámgépek beépített szerszámbemérővel voltak felszerelve, valamint mindkettő rendelkezett a munkadarab beméréshez szükséges mérőtapintóval (1. ábra).

Az egyes szerszámokról a vezérlő tárolja a megmunkáláshoz szükséges adatokat, tulajdonságokat. Ezek a tulajdonságok a vezérlőben paraméter formájában vannak eltárolva. A vizsgálatok elvégzésére készítettünk egy programot melyekkel könnyen kinyerhetők a szerszámspecifikus paraméterek. A G-kódban írt program a vizsgálat szempontjából fontos információkat kikéri a vezérlőből és betölti az R-paraméterek közé (2. ábra). A módszer a munkadarab beméréssel végzett szerszámkorrekció és a szerszámkorrekció adatainak vizsgálatakor is használható.

A szerszámkorrekciók esetén többféle fejlettségi szintet különböztetünk meg (3. ábra). Ritkább esetben előfordulhat, hogy nem végeznek szerszámkorrekciót, de inkább az a jellemző, hogy bizonyos időközönként ellenőrzik a sorozatgyártott terméket és szükség esetén történik a korrekció (3. ábra, 1. lépés). Előfordulhat az is, hogy a munkadarab adott méretének mérési eredményei alapján változtatják a szerszám korrekciós értékét, így változtatva a szerszám pályáját, ezáltal pedig a munkadarab adott méretét is (3. ábra, 2. lépés). Ennél fejlettebb módszer, bár ugyanaz a kategória, amikor



2. ábra: Szerszámparaméterekből R-paraméterek készítése

közvetlenül mérjük be a szerszám vágóélét egy szerszámbemérővel (3. ábra, 3. lépés), ami már automatizálható. A legfejlettebb módszer a szerszámok bemérésére (szerszámkorrekció) a gépen belül elvégzett munkadarab bemérés (3. ábra, 4. lépés) alapján. Ez egy automatikus folyamat, a megfelelő program mellett szükséges hozzá egy mérőtapintó, amellyel elvégezhető a munkadarab bemérése.

A vizsgálataink során a felügyelet nélküli gyártás elérése a célunk, ezért csak a 3. és 4. szintű megoldással foglalkozunk a továbbiakban. A tesztek során két esetet vizsgáltunk meg, ezekhez megmunkáló programot készítettünk, hogy felmérjük a szerszámgépek viselkedését. Az egyik programot úgy készítettük el, hogy a szerszámot kétszer is be kelljen cserélnie a gépnek, de az első megmunkálás közben a szerszám zárolásra kerül. Míg a második program esetében azt vizsgáltuk, hogy a vezérlő hogyan reagál, ha egy program ismételt indításakor érzékeli, hogy az előző futtatáskor a szerszám zárolásra került.

3. Szerszámkorrekciók és felügyelet elemzése

A szerszámok korrekciójára azok megmunkálás során fellépő kopása miatt van szükség. Ezzel elérhető, hogy az adott szerszámmal tűrés tartományán belül gyárthatók le a munkadarabok. Azonban a szerszám egy bizonyos kopottság után nem használható tovább, mivel nem eredményezne megfelelő felületi érdességet. További probléma, hogy a forgácsoló erő megnő, ami nagyobb deformációhoz vezet, valamint a hőmérséklet is emelkedni fog. A megmunkálás nemcsak veszítene a hatékonyságából, de a működési körülmények is folyamatosan változnának (lényegesen csökkenne az üzembiztonság).

A szerszámkorrekció történhet úgy, hogy a szerszámot közvetlenül bemérjük. Ezáltal a szerszám korrekciós értéke szabályozott lesz, a munkadarab mérete, pedig vezérelt. A bemérés történhet a



3. ábra: Szerszámkorrekciózás szintjei

gépen kívüli bemérőn (gyártósoron történő gyártás esetén), vagy a gépbe szerelt bemérőn is. A szerszámkorrekciózás fejlettebb rendszere az automatikus munkadarab méréssel végzett szerszámkorrekció. Az automatikus szerszámkorrekciót a szerszámgép megfelelő beállítás esetén a megmunkált munkadarab bemérésével elvégzi. Ebben az esetben a munkadarab mérete szabályozott, míg a szerszám korrekciós értékét a munkadarab méreteiből és a szerszám pálya programozott értékéből számítja ki a vezérlő. Az elv jól felhasználható a gyártórendszerben a felügyelet nélküli gyártás eléréséhez. Fontos megjegyezni, hogy ebben az esetben a kopás és a szerszám deformációja összesítve lesz mérve – mely kifejezetten előnyös, ha a kopással arányosan a szerszámdeformáció is változik.

A Sinumerik vezérlők esetén lehetőség van szerszámfelügyeleti módszerek beállítására. Amely történhet legyártott munkadarab darabszámmal, a szerszám megmunkálási időtartamának számolásával, valamint a szerszámkopás alapján (függetlenül attól, hogy az adat honnan származik) [4]. A legfejlettebb szerszámfelügyeleti módszer a darabszámmal történő megfigyelés. Ebben az esetben a megmunkálás kezdetekor a vezérlő levon egyet a még megmunkálható darabok számából. Ha a megmunkálható darabok száma eléri a nullát, akkor a vezérlő zárolja a szerszámot. A módszerhez minden munkadarab esetén meg kell határozni, hogy mennyi gyártható belőle az adott szerszámmal. A vezérlő nem veszi figyelembe, hogy az adott szerszám mennyit dolgozik egy adott megmunkáló program lefutása során. A szerszámhoz beállítható elő-figyelmeztetési határ is. Ezt egy bizonyos darabszám után éri el, amely közel van élettartama végéhez, és egy figyelmeztetést jelent, hogy a szerszám hamarosan zárolásra kerül. A szerszám zárolása után a becserélt szerszámmal az adott megmunkáló program még lefut, de egy új program indítása esetén a vezérlő a szerszámot már nem cseréli be. Ez a módszer nem használható egyedi gyártásnál vagy kis sorozatoknál.

A megmunkálási idő alapján történő megfigyelés eggyel fejlettebb módszer a szerszámfelügyeletre, mivel ez számolja az adott szerszám megmunkálásban töltött idejét. Minden szerszám esetén be lehet állítani egy rá jellemző értéket, mely független a megmunkálási programtól (alkatrésztől). A problémát ebben az esetben az jelenti, hogy eltérő forgácsolási paraméterek esetén a szerszám nem egyformán van igénybe véve, így eltérő mértékben kopik az egyes megmunkáló ciklusok során. Az elő-figyelmeztetési határ beállítása ebben az esetben is lehetséges. A szerszám zárolása pedig a megmunkálási ideje lejártá után történik meg. Tömegtermelésnél jól használható, de segítséget ad kisebb sorozatoknál, esetleg optimalizált paraméter kitöltésű programozásnál is (adatbázis alapján történik a paraméter kitöltés, így adott megmunkálási körülmények között ugyanazokat a forgácsolási paramétereket használjuk).

Ahhoz, hogy a szerszámfelügyeleti módszerek megfelelően működjenek számos tesztre van szükség az adott szerszámokkal, mire megtaláljuk azt a megmunkálási időt vagy darabszámot, amely után a szerszám tényleg elkopottnak minősül, így elkerülve azt, hogy idő előtt legyenek kicserélve a szerszámok. A szerszámfelügyeleti módszerek közül a szerszámkopás közvetett vagy közvetlen mérése a legmegbízhatóbb megoldás, mivel ez figyelembe veszi a lapka eltéréseit is (például gyártási hibák, bevonatvastagság változása...). A szerszám kopásának közvetett mérése esetén a munkadarab méretéből kiszámítva írjuk be a szerszám kopását, míg közvetlen módszer esetén a szerszámot magát mérjük be. Ilyenkor a szerszámkopástárolóba a szerszám kopásának nagyságát kell beírni, amit levon a megadott maximális kopásértékből a vezérlő, így a továbbiakban a még hátralevő kopást fogja kijelezni. Amint eléri a maximális kopásértéket a szerszám zárolásra kerül. Ez azt jelenti, hogy a szerszám kopási folyamatától függetlenül azonosítani tudjuk mikor éri el a működési határt. Ezzel a módszerrel elkerülhető, hogy idő előtt cserélünk lapkát, vagyis azokat működési tartományukban maximálisan kihasználhatjuk. Kiválóan használható tömegtermelésnél, kis és nagy sorozatok esetén, de akár egyedi gyártásnál is.

Az ember nélküli szerszámfelügyeletben a szerszámfelügyeleteknek kiemelt szerepük van, mivel segítségükkel a megfelelő feltételek teljesülése esetén a szerszámok zárolhatók. Egy szerszám a záro-

lás után nem használható tovább, így fenntartva a gyártás folyamatos minőségét. Ha egy szerszám zárolásra került, ki kell tölteni a gépből cserélni a lapkát, beállítani vagy bemérni és visszatölteni a CNC gépbe. Ez egy hosszadalmas folyamat, amely során nem folytatható megmunkálás. Erre kínál megoldást a testvérszerszám-stratégia. Ennek segítségével a szerszám zárolása esetén becserélhető annak testvérszerszáma, amellyel elvégezheti az adott megmunkálást. Így a termelés nem áll meg, nincs kieső idő a termelésben. Azonban ehhez szükségesek a megfelelő beállítások, hogy a vezérlő testvérszerszámként kezelje az adott szerszámot. A szerszámok beszerelésekor kettő, vagy több szerszámot is be kell mérni, így elég a gépet egyszer felszerszámozni például a műszak elején, és nem kell megállítani minden egyes szerszámcserekor.

4. Eredmények

A testvérszerszám-stratégia megfelelő működését a fent említett Akira-Seiki gyártmányú CNC maró és esztergagépeken vizsgáltuk meg, valamint szimulált környezetben is elvégeztük a tesztelést. A szimulátoros tesztelés a szerszámgépek növekvő leterheltsége miatt egyre fontosabbá válik. Így a gép folyamatosan gyárthat, míg virtuális megfelelőjén futtatják a teszteket. A testvérszerszám-stratégia és a szerszámfelügyelet vizsgálatát a SinuTrain nevű szoftverben futtattuk le, így hasonlítva össze a valós megmunkológép viselkedését a szimulált gépi környezet viselkedésével.

Korszerű környezetben, felügyelet nélküli gyártásnál nem használható a véletlenszerű szerszám-korrektúra. Ezért csak automatikus mérés eredménye alapján érdemes meghatározni a lapka kopását. Szerszámok adatbázis alapú kezelése a modern gyártórendszerekben a szerszámok száma miatt elkerülhetetlen. A szerszámtároló kezelési megoldások segítségével csökkenthető a szerszámok keresésével töltött idő, valamint szűrhetők a szerszámok adott szempontok szerint. Itt kiemelnénk a zárolt, valamint az elő-figyelmeztetési határt elért szerszámokra történő szűrés jelentőségét, ugyanis ezzel kiválasztható az összes olyan szerszám, amellyel zárolása miatt már nem lehetséges a megmunkálás, vagy amelyek rövid határidőn belül zárolásra fognak kerülni (elérte az elő-figyelmeztetési határt). Ezek cserélése szükséges, amely így jelentősen gyorsabban megoldható, mintha végig kellene nézni a teljes szerszámtárat. Ez a megoldás a szerszámmenedzsmentet nagyban segíti és növeli annak hatékonyságát.

A szerszámok korrekciós értékének meghatározására a leghatékonyabb megoldás az automatikus munkadarab beméréssel végzett szerszámkorrektúra. A funkció a Sinumerik vezérlőben a megmunkáló programba egy ciklusként illeszthető be. Emiatt a szerszámgép a program futtatása során automatikusan végzi el a kiválasztott mérést. A szerszámgépen lehetőség van a munkadarab tűréshatárait is megadni, így a vezérlő hibaüzenetet tud küldeni, ha selejt került legyártásra. A funkció segítségével a gyártásközi mérések száma lecsökkenthető, mert a CNC gép a szerszámot is korrekciózza, tehát jelentősen csökkenthető a méréssel töltött idő.

A szerszámfelügyeleti módszerek hatására zárolt szerszámok tovább már nem használhatók. A testvérszerszám-stratégia alkalmazásához az eredeti szerszámmal azonos tulajdonságú szerszámot kell beszerezni a megmunkáló gépbe, valamint azt fel is kell venni a szerszámtárba. Az elnevezésnél fontos, hogy karakterre pontosan ugyanazt a nevet kapja, mint az eredeti szerszám, mivel a vezérlő csak így fogja testvérszerszámként kezelni. A megmunkáló programok futtatása alapján mindkét esetben elmondható (programon belül kétszer illetve egyszer behívott szerszám esetén), hogy testvérszerszám nélkül a vezérlő hibaüzenettel leállt és nem folytatta a megmunkálást. Ebben az esetben a kopott szerszámot ki kell cserélni és újat szerelni be helyette. Ha a szerszámnak van testvérszerszáma, akkor a megmunkálás nem áll le hibaüzenettel, hanem a vezérlő becseréli a megfelelő szerszámot, és folytatja, vagy éppen elkezd a megmunkálást az adott szerszámmal.

Vizsgálataink kiterjedtek a SinuTrain szoftver által kínált lehetőségekre is. Ezek során azt mértük

fel, hogy a valós gép és a program azonosan viselkedik-e a szerszámfelületek és a testvérszerszám-stratégia alkalmazásakor. Ebben az esetben elmondható, hogy a testvérszerszám-stratégia és a felületei módszerek hasonlóan működtek, mint a valós szerszámgép esetén, kivéve a darabszámmal történő megfigyelést, amelynél a megmunkált darabok száma nem vonódott le a legyártható darabok számából.

5. Összefoglalás

A szerszámkezelési rendszer vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy az adatbázis alapú szerszámkezelés segíti a hatékony munkavégzést például a szerszámkarbantartás kapcsán. Rámutattunk, hogy a munkadarab alapú, az idő alapú és a kopás alapú szerszámfelülete közül utóbbi a megfelelő, ha a rendszert optimálisan akarjuk üzemeltetni. A szerszámkorrekció elemzése kapcsán megállapítottuk, hogy a felülete nélküli gyártáshoz a munkadarab-bemérés alapú szerszámkorrekció hatékonyabb, hiszen a gyártási ciklusidőt nem növeli (korszerű rendszereknél már eleve minősíteni kell a darabot). Az automatikus szerszámkorrekcióval a testvérszerszám stratégia megfelelően alkalmazható felülete nélküli gyártás eléréséhez. A megmunkálási folyamatok optimalizálását költséghatékonyabb virtuális környezetben folytatni, főként a kieső gépidő jelenti a nagy költséget. A tesztek alapján megállapítottuk, hogy a SinuTrain szimulációs környezete csak nagyon kevés eltérést tartalmazott a valós vezérlőhöz képest (például a darabszám figyelés).

6. Köszönetnyilvánítás

Az ED_18-1-2019-0030 szerződésszámú projekt (Alkalmazásiterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások téma-terület) a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Téma-területi kiválósági program támogatásával valósult meg.

7. Irodalomjegyzék

- [1] Zsidai L., *Gépgyártástechnológia, Gyártórendszerek és elemeik*, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2015.
- [2] L. Zhan-Qiang, P. K. Venuvinod, V.A. Ostafiev, *On-machine measurement of workpieces with the cutting tool*, Integrated Manufacturing Systems 9(3), 1998, pp. 168-172 [CrossRef](#)
- [3] P. Waydande, N. Ambhore, S. Chinchani, *A Review on Tool Wear Monitoring System*, Journal of Mechanical Engineering and Automation 6(5A), 2016, pp. 49-53
- [4] Siemens, *Sinumerik 840D sl / 828D Esztergálás Kezelési kézikönyv* 03/2013
- [5] Siemens, *Sinumerik 840D sl / 828D Alapok, Programozási kézikönyv* 03/2013